

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2001237247 A

(43) Date of publication of application: 31.08.01

(51) Int. Cl

H01L 21/322

H01L 21/205

(21) Application number: 2000048461

(71) Applicant: SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD

(22) Date of filing: 25.02.00

(72) Inventor: IIDA MAKOTO
KIMURA MASAKI

(54) METHOD OF MANUFACTURING EPITAXIAL
WAFER, EPITAXIAL WAFER AND CZ SILICON
WAFER FOR EPITAXIAL GROWTH

comprises epitaxially growing a carbon-doped CZ silicon wafer at low temperatures lower than 1000°C A. The epitaxial wafer is composed of a carbon-doped CZ silicon wafer to be a substrate and an epitaxial layer grown at low temperatures lower than 1000°C. The CZ silicon wafer for epitaxially growing at low temperatures lower than 1000°C is a CZ silicon wafer doped with carbon.

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an epitaxial wafer having a superior crystallinity and a high IG ability by a simple method.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

SOLUTION: The epitaxial wafer manufacturing method

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-237247

(P2001-237247A)

(43)公開日 平成13年8月31日(2001.8.31)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 L 21/322
21/205

識別記号

F I

H 0 1 L 21/322
21/205

テ-マコード(参考)

Y 5 F 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数8 O.L (全6頁)

(21)出願番号 特願2000-48461(P2000-48461)

(22)出願日 平成12年2月25日(2000.2.25)

(71)出願人 000190149

信越半導体株式会社

東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

(72)発明者 飯田 誠

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社半導体磯部研究所内

(72)発明者 木村 雅規

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社半導体磯部研究所内

(74)代理人 100102532

弁理士 好宮 幹夫

Fターム(参考) 5F045 AB02 AD10 AD11 AD12 AD13
AF17 BB12 DA59

(54)【発明の名称】 エピタキシャルウエーハの製造方法及びエピタキシャルウエーハ、並びにエピタキシャル成長用CZシリコンウエーハ

(57)【要約】

【課題】 簡易な方法により結晶性に優れ、IG能力の高いエピタキシャルウエーハを提供する。

【解決手段】 炭素がドープされたCZシリコンウエーハに1000°C未満の温度でエピタキシャル成長を行うエピタキシャルウエーハの製造方法。及び、炭素がドープされたCZシリコンウエーハである基板と、1000°C未満の温度で成長されたエピタキシャル層からなるエピタキシャルウエーハ。並びに、1000°C未満の温度でエピタキシャル成長を行うためのエピタキシャル成長用CZシリコンウエーハであって、該CZシリコンウエーハは炭素がドープされたものであるエピタキシャル成長用CZシリコンウエーハ。

【特許請求の範囲】

【請求項1】炭素がドープされたCZシリコンウエーハに1000°C未満の温度でエピタキシャル成長を行うことを特徴とするエピタキシャルウエーハの製造方法。

【請求項2】前記CZシリコンウエーハの炭素濃度を1.0 ppm以上とすることを特徴とする請求項1に記載したエピタキシャルウエーハの製造方法。

【請求項3】前記エピタキシャル成長前のCZシリコンウエーハに、600~1000°Cの温度で、少なくとも1時間の熱処理を行うことを特徴とする請求項1または請求項2に記載したエピタキシャルウエーハの製造方法。

【請求項4】前記エピタキシャル成長後のエピタキシャルウエーハに、600~1000°Cの温度で、少なくとも1時間の熱処理を行うことを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載したエピタキシャルウエーハの製造方法。

【請求項5】請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の方法で製造されたエピタキシャルウエーハ。

【請求項6】炭素がドープされたCZシリコンウエーハである基板と、1000°C未満の温度で成長されたエピタキシャル層からなることを特徴とするエピタキシャルウエーハ。

【請求項7】1000°C未満の温度でエピタキシャル成長を行うためのエピタキシャル成長用CZシリコンウエーハであって、該CZシリコンウエーハは炭素がドープされたものであることを特徴とするエピタキシャル成長用CZシリコンウエーハ。

【請求項8】前記CZシリコンウエーハの炭素濃度が1.0 ppm以上であることを特徴とする請求項7に記載したエピタキシャル成長用CZシリコンウエーハ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、優れたIG能力を有する、エピタキシャルウエーハの製造方法およびエピタキシャルウエーハ並びにエピタキシャル成長用CZシリコンウエーハに関する。

【0002】

【従来の技術】チョクラルスキー(Czochralski; CZ)法により製造されたエピタキシャル成長用CZシリコンウエーハ(以下、単に基板と呼ぶことがある。)にエピタキシャル(以下、単にエピと呼ぶことがある。)成長を行って作製したエピタキシャルウエーハ(以下、単にエピウエーハと呼ぶことがある。)は、そのエピタキシャル層の良好な結晶性から、高集積デバイスの作製に広く用いられている。

【0003】しかし、このようなエピタキシャルウエーハは、エピタキシャル成長を行う際に、通常1000°C以上の高温プロセスを施されて製造される。そのため酸素析出の核が高温プロセス中に溶解してしまい、その後

のデバイスプロセスにてバルク中に酸素が析出せず、充分な量のBMD(Bulk Micro Defect: 内部微小欠陥)を得ることができないことから、IG(インターナルゲッタリング)能力不足となるという問題があった。

【0004】そこで、上記問題を解決するために以下のようないくつかの対策がとられている。第1に、基板となるCZシリコンウエーハの酸素濃度を高くすることにより酸素を析出させる。第2に、エピタキシャル成長プロセスを低温化し、析出核の溶解を抑制することにより、析出不足を防ぐ。第3に、エピ前又はエピ後に熱処理を施すことにより、前者は析出核を高温で安定なサイズまで成長させ、後者は新たに析出核を作り出すことにより酸素析出を確保する。

【0005】しかし、これらの対策では以下の問題点があった。第1の酸素濃度を高くする、すなわち高酸素結晶の育成を行った場合は、チョクラルスキー法においてルツボの劣化速度を速めるため、ルツボの耐久性が低下し、結晶が有転位化しやすくなっていた。第2の1000°C未満の低温にて成長したエピタキシャルウエーハは、高温成長と比較すれば、その後のデバイスプロセスにおいて確かに析出は起こりやすいが、ゲッタリングサイトとしては密度がまだ不十分である。第3のエピ前後の熱処理は、低温(600~1000°C)で長時間(4時間以上)の熱処理が必要でコストアップとなる。

【0006】また、上記対策とは別に、シリコン単結晶中に酸素析出を助長するドーパントを添加してIG能力を向上させる試みもなされた。このような酸素析出特性に影響を与える不純物としては、窒素および炭素が良く知られている。中でも窒素がドープされたCZシリコンウエーハは、高温で安定な酸素析出核が形成されるため、1000°C以上の高温のエピタキシャル成長を行ってもその酸素析出核は消滅せず、その後のデバイスプロセスにおいて十分な酸素析出物を確保できる利点がある。しかしながら、極めて高い酸素析出物密度が要求される場合には、窒素を高濃度にドープする必要があるため、このような高濃度に窒素がドープされたウエーハにエピタキシャル成長を行うと、エピタキシャル層に結晶欠陥が発生する場合があった。

【0007】一方、炭素がドープされたCZシリコンウエーハも、酸素析出を促進する働きがあることが知られていた。例えば、特開平10-229093号公報及び特開平11-204534号公報には、シリコン単結晶中に炭素をドープすることにより、IG能力を向上させる発明が記載されている。しかし、炭素がドープされたシリコンウエーハを基板としてエピタキシャル成長を行うと、窒素をドープしたシリコンウエーハを基板としてエピタキシャル成長を行った場合に比べて、酸素析出を促進する働きが劣り、十分なIG能力を得ることができないという欠点があった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、特別な工程を付加してコストを高めてしまうことなく、簡易な方法により結晶性に優れ、IG能力の高いエピタキシャルウエーハを製造することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための本発明は、炭素がドープされたCZシリコンウエーハに1000°C未満の温度でエピタキシャル成長を行うことを特徴とするエピタキシャルウエーハの製造方法である（請求項1）。このように、炭素がドープされたCZシリコンウエーハに1000°C未満の低温エピタキシャル成長を行うことにより、従来の炭素ドープシリコンウエーハにエピタキシャル成長を行った場合に比べて多くの酸素析出を得ることができ、より良好なIG能力を得ることができる。

【0010】この場合、前記CZシリコンウエーハの炭素濃度を1.0 ppm以上とすることが好ましい（請求項2）。このように、基板とするCZシリコンウエーハの炭素濃度を1.0 ppm以上とすれば、比較的低酸素濃度のウエーハであっても、確実に酸素析出を促進する効果を得ることができ、IG能力を向上させることができるのである。尚、CZ単結晶引上げ時の単結晶化の妨げとなる場合があるので、炭素濃度は5 ppm以下とするのが好ましい。

【0011】この場合、前記エピタキシャル成長前のCZシリコンウエーハに、600～1000°Cの温度で、少なくとも1時間の熱処理を行うことが好ましい（請求項3）。このように、エピタキシャル成長前に、600～1000°Cの低温熱処理を行うことにより、酸素析出核を安定なサイズにまで成長させることができ、より多くのBMDを得ることができる。さらに、本発明ではエピタキシャル成長を行うCZシリコンウエーハに炭素がドープされているため、従来から行われていたエピタキシャル成長前熱処理のように、長時間の熱処理は要しない。

【0012】この場合、前記エピタキシャル成長後のエピタキシャルウエーハに、600～1000°Cの温度で、少なくとも1時間の熱処理を行うことが好ましい（請求項4）。このように、エピタキシャル成長後の600～1000°Cの低温熱処理によっても、新たな析出核を作り出すことができ、BMD密度を増大させることができる。この場合も本発明ではエピタキシャルウエーハに炭素がドープされているので、従来から行われていたエピタキシャル成長後の熱処理のように、長時間の熱処理は要しない。

【0013】そして、このような本発明の製造方法で製造されたエピタキシャルウエーハ（請求項5）は、例えば、炭素がドープされたCZシリコンウエーハである基

板と、1000°C未満の温度で成長されたエピタキシャル層からなることを特徴とするエピタキシャルウエーハである（請求項6）。このように、本発明の炭素がドープされたCZシリコンウエーハである基板に、1000°C未満の温度でエピタキシャル層が成長されたエピタキシャルウエーハは、高いIG能力を有する上に、窒素をドープされた基板を用いたエピタキシャルウエーハのようにエピタキシャル層に結晶欠陥が生じることもなく、極めて高品質のエピタキシャルウエーハである。

10 【0014】また本発明は、1000°C未満の温度でエピタキシャル成長を行うためのエピタキシャル成長用CZシリコンウエーハであって、該CZシリコンウエーハは炭素がドープされたものであることを特徴とするエピタキシャル成長用CZシリコンウエーハである（請求項7）。このように、炭素がドープされたCZシリコンウエーハを、1000°C未満の温度でエピタキシャル成長を行うためのエピタキシャル成長用CZシリコンウエーハとして供すれば、従来に比べてはるかに大きいIG能力を有するエピタキシャルウエーハを得ることができる。

20 【0015】この場合、前記CZシリコンウエーハの炭素濃度が1.0 ppm以上であることが好ましい（請求項8）。前述のように、このような炭素濃度であれば、比較的低酸素濃度であっても充分なIG効果を得ることができるからである。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、さらに詳細に説明するが本発明はこれに限定されるものではない。まず本発明者らは、炭素がドープされたCZ結晶のOSF (Oxidation-induced Stacking Fault) やGrown-in欠陥に及ぼす影響を詳細に調査した。その結果、炭素ドープ結晶は窒素ドープ結晶とは違い、OSFリングが発生しやすくなったり、又その位置に転位ループが発生することは無いということが確認できた。すなわち、エピタキシャル成長により発生するエピタキシャル層の結晶欠陥の発生源となる、エピタキシャル成長用CZシリコンウエーハの結晶欠陥がない（少ない）ことになり、この点に関しては炭素ドープウエーハは、基板として適した材料といえる事が分かった。

40 【0017】しかし、前述のように炭素ドープウエーハにエピタキシャル成長を行うと、窒素をドープしたウエーハにエピタキシャル成長を行った場合に比べて、その後のデバイスプロセスで酸素析出があまり促進されず、IG能力が低いという欠点がある。

【0018】そこで、本発明者らは炭素ドープウエーハのIG能力を向上させるべく、炭素ドープウエーハの酸素析出特性を調査した。図1は、炭素が低濃度（図1(a)：狙い値0.1 ppm）および高濃度（図1(b)：狙い値1.0 ppm）にドープされ、酸素濃

度が $10 \sim 19 \text{ ppm}$ - JEIDA (日本電子工業振興協会規格) の範囲で引き上げられた 6 インチ、結晶方位 <100>、p 型、 $10\Omega \cdot \text{cm}$ の CZ 単結晶から作製されたウエーハに対して $800^\circ\text{C} / 4\text{h} + 1000^\circ\text{C} / 16\text{h}$ と $1000^\circ\text{C} / 16\text{h}$ の 2 種類の熱処理を行い、酸素析出特性を調査した結果を示したものである。

【0019】尚、炭素ドープ結晶の引き上げは、18 インチの石英ルツボを使用し、ルツボ内のシリコン融液に炭素棒を浸漬することにより行った。ルツボ回転速度、結晶回転速度をそれぞれ 2 rpm 、 15 rpm として、炭素棒は表面積約 2500 mm^2 の領域を浸漬し、浸漬時間は、15 分 (0.1 ppm) または 120 分 (1.0 ppm) とした。

【0020】図1 (a) より、低炭素濃度 (0.1 ppm) のウエーハサンプルに $800 + 1000^\circ\text{C}$ の熱処理を施した場合には、通常の 15 ppm - JEIDA 程度以上の酸素濃度を有するウエーハにおいて、約 1×10^{10} (個/ cm^3) 程度あるいはそれ以上の BMD が観察されたことが判る。

【0021】また、図1 (b) より、高炭素濃度 (1.0 ppm) のウエーハサンプルに $800 + 1000^\circ\text{C}$ の熱処理を施した場合には、 12 ppm - JEIDA 程度以上の酸素濃度を有するウエーハにおいて、約 1×10^{10} (個/ cm^3) 程度あるいはそれ以上の BMD が観察されたことが判る。

【0022】一方、図1 (a) (b) が示すように、 $1000^\circ\text{C} / 16\text{h}$ の熱処理を施した場合の BMD は非常に少なく、特に酸素濃度 14 ppm - JEIDA 以下では、低炭素濃度あるいは高炭素濃度とした場合のいずれも約 1×10^7 (個/ cm^3) 程度の BMD しか観察されなかった。

【0023】つまり、炭素ドープにより酸素析出が促進されるのは、初段熱処理の 800°C 前後の温度において安定な (消滅しない) 析出核のみであり、初段が 1000°C 以上の高温では析出核が消滅しやすいため、あまり析出しないことが確認された。これは、炭素ドープをした基板上に通常の 1000°C 以上の高温工程でエピタキシャル層を成長させても、酸素析出核が消滅してしまい、その後のデバイスプロセスで高い IG 能力は期待できないことを意味する。

【0024】また、これらの炭素ドープウエーハに対し、Secco エッティングを 30 分行い、LEP (Large Etch Pit) と呼ばれるエッチャピットを観察した。LEP は転位クラスターに起因する欠陥であり、LEP が存在するウエーハにエピタキシャル層を形成すると、LEP が存在する領域にエビ層欠陥が発生することがわかっている (特願平 11-294523 号公報参照)。観察の結果、炭素ドープされたウエーハにはこのような LEP は全く観察されないことが確認できた。したがって、炭素ドープウエーハにエピタキシャル

層を形成すれば、窒素ドープウエーハのような 2 次欠陥が発生することがないことが確認された。

【0025】以上より、本発明者らは、炭素ドープ基板の酸素析出に対する上記特性を実験的に初めて把握した。そして、この特性を生かし、高い BMD 密度、すなわち高い IG 能力を有するエピタキシャルウエーハを得ることを検討した結果、本発明を完成させたものである。すなわち、本発明は、炭素ドープした結晶をエピタキシャルウエーハの基板に用い、高い BMD を得るため、 1000°C 未満の低温のエピ成長を行うものである。この温度でエピ成長させれば、その後のデバイスプロセスにおいて約 1×10^{10} (個/ cm^3) 程度あるいはそれ以上の BMD 密度が得られ、かつ、2 次欠陥の発生もない優れたエピタキシャルウエーハを、特別な工程を付加することなく得ることが出来る。ただし、 600°C 未満の温度ではエピ成長中に酸素析出核の成長が十分におこらない場合があり、その後の熱処理条件によっては溶解してしまう場合があるので、エピ成長温度は 600°C 以上とするのが好ましい。

【0026】尚、従来技術と同様にエピ成長前後に $600 \sim 1000^\circ\text{C}$ の低温熱処理を行い、酸素析出核を成長させる処理を加えることにより、より BMD 密度を多くすることが出来るのでより好ましい。この場合、基板に炭素がドープされているため、熱処理時間は 1 時間程度の短時間の熱処理でも十分に酸素析出が促進されるので、熱処理のコストは安くすむ。

【0027】次に、BMD 密度の炭素濃度依存性を調査するため、上記実験で得られた炭素ドープサンプルから、酸素濃度が $13.5 \sim 15.5\text{ ppm}$ (JEIDA) のサンプルを抜き出して炭素濃度と BMD 密度との関係を図2にプロットした。

【0028】図2より、炭素が 1.0 ppm 以上ドープされ、初段に 1000°C 未満の熱処理を行った場合には、比較的低酸素濃度のウエーハでも、約 1×10^{10} (個/ cm^3) 以上の極めて高密度の BMD 密度が得られることが判る。すなわち、このようなウエーハに 1000°C 未満でエピ成長を行えば、その後のデバイスプロセスにおいて高密度の BMD を生ずることができるエピウエーハが得られることが期待できる。さらに、特定の BMD 密度を有するウエーハ用の結晶を引き上げる際の酸素濃度に大きなマージンを与えることになり、引き上げ結晶の酸素濃度バラツキの制限が緩和される。また、この波及効果として単結晶の高速成長が可能になり、生産コストダウンにつながる。

【0029】

【実施例】以下、本発明の実施例および比較例を挙げて具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

(実施例) 18 インチの石英ルツボを使用してルツボ内に原料多結晶を投入して溶融し、ルツボ内のシリコン融

液に炭素棒を浸漬することにより、直径6インチ、結晶方位<100>、p型、 $10 \sim 20 \Omega \cdot \text{cm}$ の炭素ドープCZシリコン単結晶棒を引き上げた。

【0030】結晶の引き上げ速度は $1.0 \text{ mm}/\text{min}$ 、ルツボ回転速度、結晶回転速度をそれぞれ 2 rpm 、 15 rpm として、炭素棒は面積約 2500 mm^2 の領域を120分浸漬した。この単結晶棒の直胴部のトップから 30 cm の位置からウエーハを切り出し通常の加工方法により鏡面研磨ウエーハを複数枚作製し、炭素濃度および酸素濃度をFT-IR法(フーリエ変換赤外分光法)により測定した。その結果、炭素濃度は約 $1.$ *

* 1 ppm 、酸素濃度は約 15.3 ppm (JEID A)であった。

【0031】そして、これらの鏡面研磨ウエーハ4枚(A, B, C, D)に下記処理を施した後、 1000°C /16hの熱処理を行って析出核を成長させ、ウエーハ中のBMD密度を赤外散乱トモグラフ法(測定装置MO-401:三井金属鉱業社製)により測定した。結果を表1に示す。

【0032】

【表1】

10

	ウエーハ	各処理条件	BMD密度(個/ cm^3)
実験例	A	① 900°C 、 $5 \mu\text{m}$ のエピタキシャル層形成	2.0×10^8
	B	② 800°C 、1時間の熱処理	6.0×10^8
	C	③ 900°C 、 $5 \mu\text{m}$ のエピタキシャル層形成	6.0×10^8
	D	④ 600°C 、1時間の熱処理 ⑤ 900°C 、 $5 \mu\text{m}$ のエピタキシャル層形成 ⑥ 600°C 、1時間の熱処理	1.0×10^{10}
比較例	E	⑦ 1125°C 、 $5 \mu\text{m}$ のエピタキシャル層形成	6.0×10^8

【0033】表1より、本発明の炭素がドープされたCZウエーハである基板と、 1000°C 未満の温度で成長されたエピタキシャル層からなるエピタキシャルウエーハは、高いBMD密度を有し、IG能力の高いウエーハであることが判る。また、このIG能力は、エピタキシャル成長の前後に低温短時間の熱処理を加えることによりさらに向上することも判る。さらに、これらのウエーハ(A~D)に対し、Séccoエッティングを30分行い、LEPを観察した結果、これらの炭素ドープされたウエーハにはそのようなLEPは全く観察されないことを確認した。

【0034】(比較例)炭素をドープして実施例と同一条件で鏡面研磨ウエーハを作製後、 1125°C 、 $5 \mu\text{m}$ のエピタキシャル成長熱処理によりエピタキシャル層を形成し、エピタキシャルウエーハを作製した。このウエーハEについて実施例と同様にBMD密度を測定し、その結果を表1に併記した。表1より、ウエーハEのBMD密度は 6.0×10^8 (個/ cm^3)であり、炭素をドープされたCZシリコンウエーハを基板としているにもかかわらず、IG能力は実施例のエピタキシャルウエーハに比べてはるかに劣ることが判る。

【0035】なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いか

なるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

20 【0036】例えば、上記実施形態においては、直径6インチのエピタキシャルウエーハを育成する場合につき例を挙げて説明したが、本発明はこれには限定されず、直径8~16インチあるいはそれ以上のエピタキシャルウエーハにも適用でき、より有効に作用し得る。

【0037】

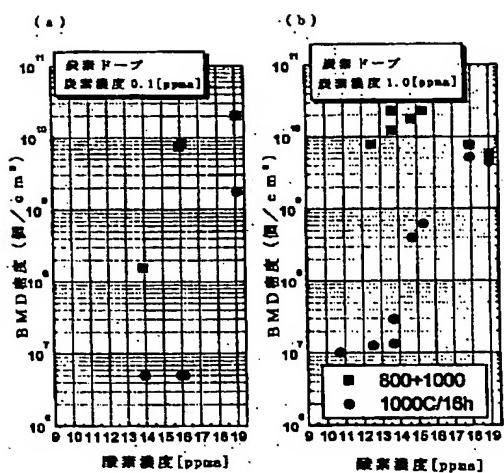
【発明の効果】以上より明らかなように本発明によれば、比較的低酸素濃度のウエーハからも高いIG能力を有するエピタキシャルウエーハを製造することができる。また、この事は初期酸素濃度幅に大きなマージンを30与えることにつながり、引き上げ結晶の酸素濃度バラツキの制限が緩和され、この波及効果として単結晶の高速成長が可能になり、生産コストダウンにつながる。加えて、窒素ドープウエーハを基板に使用した場合に見られるようなエピタキシャル層の欠陥が発生することがなく、結晶性に優れたエピタキシャル層を有するエピタキシャルウエーハを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

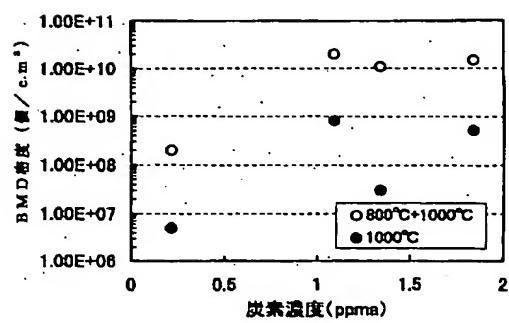
【図1】(a) (b)は、炭素ドープウエーハを基板としたエピタキシャルウエーハの炭素濃度、酸素濃度、熱処理温度とBMD密度との関係を示した図である。

40 【図2】炭素ドープウエーハを基板としたエピタキシャルウエーハの炭素濃度とBMD密度との関係を示した図である。

【図1】



【図2】



BEST AVAILABLE COPY